

Europäisches Patentamt

(19)

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 905 797 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

31.03.1999 Patentblatt 1999/13

(51) Int. Cl.⁶: H01L 33/00

(21) Anmeldenummer: 98116218.3

(22) Anmeldetag: 27.08.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder:

SIEMENS AKTIENGESellschaft
80333 München (DE)

(72) Erfinder: Heinen, Jochen
85540 Haar (DE)

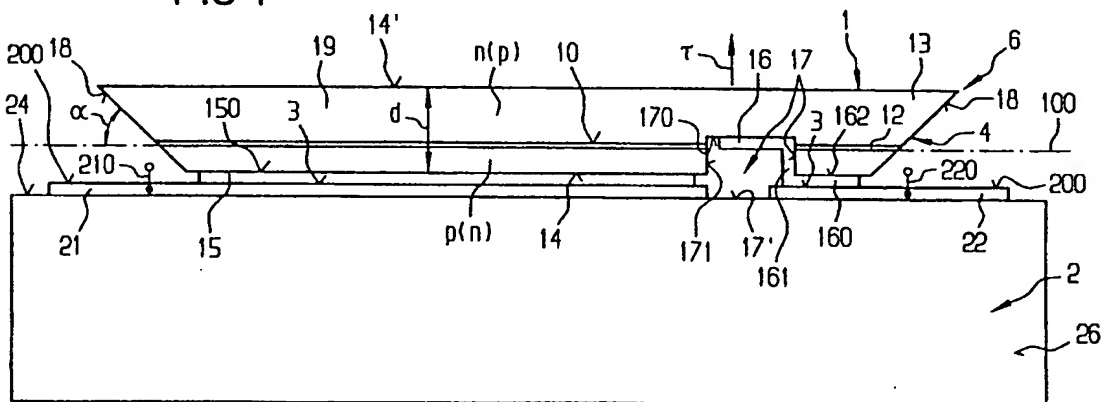
(30) Priorität: 29.09.1997 DE 19742963

(54) Halbleiterlichtquelle und Verfahren zu ihrer Herstellung

(57) Halbleiterlichtquelle mit geringer Photonenabsorption, die sowohl baulich einfach als auch einfach herzustellen ist. Sie besteht aus einem Schichtenstapel (1) mit einer Gesamtdicke (d) von höchstens 50 μm , der in dieser Dicke allein, d.h. ohne innige Verbindung mit einem Substrat, durch ein abgesondertes Verbindungsmittel

tel (3) an einem gesonderten Trägerkörper (2) befestigt und an Kontakte (21, 22) dieses Trägerkörpers (2) angeschlossen ist. Die Diode ist vorteilhaft zur Realisierung von IREDs und LEDs hoher optischer Leistung geeignet.

FIG 1



EP 0 905 797 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Halbleiterlichtquelle mit einem epitaktisch gewachsenen Schichtenstapel nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und ein Verfahren zu ihrer Herstellung.

[0002] Beispiele für Lichtquellen der genannten Art sind transparente Infrarotdioden (IREDs) und Leuchtdioden (LEDs). Die Schichten des Schichtenstapels solcher Lichtquellen sind auf einem Wachstumssubstrat in Form eines Kristalls epitaktisch aufeinander gewachsen. Ein Teil der im Schichtenstapel erzeugten Photonen wird aus dem Stapel in Richtung zum Wachstumssubstrat emittiert und dort absorbiert.

[0003] Für derartige Halbleiterlichtquellen möglichst hoher optischer Leistung wird versucht, die Absorption im Wachstumssubstrat weitgehend zu vermeiden. Mittel hierzu sind - außer der in wenigen Fällen möglichen Verwendung von für die Photonen transparenten Wachstumssubstraten - eingefügte Bragg-Reflektoren aus Halbleitermaterial zwischen dem Wachstumssubstrat und dem gewachsenen Schichtenstapel oder das nachträgliche Anbringen eines für die Photonen transparenten Stützkörpers an den Schichtenstapel, beispielsweise durch Waferbonden.

[0004] Beim nachträglichen Anbringen des transparenten Stützkörpers an den Schichtenstapel wird der Stützkörper flächig und derart innig mit der vom Wachstumssubstrat abgekehrten Oberfläche des Schichtenstapels verbunden, daß der Stützkörper ähnlich unmittelbar fest mit dem Schichtenstapel verbunden ist, wie das Wachstumssubstrat selbst. Dieses unmittelbare Anbringen wird beispielsweise durch Anschmelzen oder Anwachsen des transparenten Stützkörpers an den Schichtenstapel vorgenommen. Nach dem Anbringen wird das Wachstumssubstrat vom Schichtenstapel entfernt, wonach Schichtenstapel und transparenter Stützkörper gemeinsam als ähnlich einheitlicher Verbundkörper wie vorher Schichtenstapel und Wachstumssubstrat vorliegen und der transparente Stützkörper den Schichtenstapel jetzt wie ursprünglich das Wachstumssubstrats stützt. In diesem Zustand wird der Schichtenstapel elektrisch kontaktiert.

[0005] Der im Anspruch 1 angegebenen Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Halbleiterlichtquelle mit geringer Photonenabsorption bereitzustellen, die sowohl baulich einfacher als auch einfacher herzustellen ist.

[0006] Bei der erfindungsgemäßen Halbleiterlichtquelle ist vorteilhafterweise weder ein Photonen absorbierendes Wachstumssubstrat noch ein Stützkörper zum Stützen des Schichtenstapels vorhanden, der innig mit dem Schichtenstapel zu einem einheitlichen Verbundkörper verbunden und für im Schichtenstapel erzeugte Photonen transparent ist und der den Aufbau und die Herstellung der Lichtquelle verkompliziert.

[0007] Die erfindungsgemäße Lichtquelle besteht im wesentlichen nur noch aus dem Schichtenstapel einer

geringen Gesamtdicke von höchstens 50 µm allein, der zur elektrischen Kontaktierung und mechanischen Stabilität an einem gesonderten Trägerkörper angeordnet und durch ein wenig Aufwand erforderndes gesondertes Verbindungsmittel mit diesem Körper verbunden ist. Eine die Herstellung verkomplizierende innige flächige Verbindung zwischen der Oberfläche dieses dünnen Schichtenstapels und einem transparenten Stützkörper ist vorteilhafterweise nicht mehr erforderlich.

[0008] Aufgrund der Bauweise der erfindungsgemäßen Lichtquelle kann eine dem Trägerkörper zugekehrte Oberfläche des Schichtenstapels eine brechende Fläche sein, die an ein optisches Medium mit einer relativ zu einer Brechzahl des Schichtenstapels deutlich kleineren Brechzahl, beispielsweise Luft, grenzt und aufgrund des relativ großen Brechzahl-sprungs im Schichtenstapel erzeugte Photonen teilweise reflektiert, die dann nicht aus dem Schichtenstapel in den Trägerkörper gelangen, sondern zur optischen Leistung der Lichtquelle beitragen.

[0009] Besonders vorteilhaft ist es, wenn an der dem Trägerkörper zugekehrten Oberfläche des Schichtenstapels eine Reflektoreinrichtung zum Reflektieren der im Schichtenstapel erzeugten und auf diese Fläche treffenden Photonen zurück in den Schichtenstapel ausgebildet ist (Anspruch 2).

[0010] Dies hat den Vorteil zum einen, daß alle im Schichtenstapel erzeugten Photonen, die auf die Reflektoreinrichtung treffen, nicht in den gesonderten Trägerkörper gelangen, sondern in Richtung vom Trägerkörper fort reflektiert werden und zur optischen Leistung der erfindungsgemäßen Lichtquelle beitragen können, zum andern, daß der gesonderte Trägerkörper auch bei Lichtquellen hoher optischer Leistung aus einem beliebigen Material bestehen kann, insbesondere aus einem die im Schichtenstapel erzeugten Photonen absorbierenden Material.

[0011] Als Reflektoreinrichtung sind alle reflektierend wirkenden Mittel geeignet, die an der dem Trägerkörper zugekehrten Oberfläche des Schichtenstapels ausgebildet werden können wie beispielsweise eine auf dieser Oberfläche aufgebraachte reflektierende Schicht oder ein in dieser Oberfläche ausgebildetes reflektierendes optisches Gitter, beispielsweise ein Braggspiegel.

[0012] Bei einer bevorzugten und vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Lichtquelle weist die Reflektoreinrichtung einen auf der dem Trägerkörper zugekehrten Oberfläche des Schichtenstapels angeordneten reflektierenden Kontakt auf (Anspruch 3). Dieser Kontakt kann zum elektrischen Anschließen des Schichtenstapels an den Trägerkörper verwendet werden, und da er reflektierend wirkt, sind keine zusätzlichen reflektierend wirkenden Mittel notwendig. Dies vereinfacht die Herstellung der erfindungsgemäßen Lichtquelle.

[0013] Der Schichtenstapel der erfindungsgemäßen Lichtquelle kann vorteilhafterweise nur aus den für die Funktion der Halbleiterlichtquelle allein notwendigen

epitaktisch gewachsenen Schichten bestehen.

[0014] Eine typische Gesamtdicke von auf Wachstumssubstraten gewachsenen und nur aus den für die Funktion der Lichtquelle notwendigen epitaktisch gewachsenen Schichten allein bestehenden Schichtenstapeln bekannter Diodenlichtquellen wie LEDs und IREDS insbesondere hoher optischer Leistung liegt im Bereich zwischen 3 µm und 15 µm. Mit der Erfindung können vorteilhafterweise solche Diodenlichtquellen mit derart dünnen Schichtenstapeln realisiert werden und entsprechend kann bei der erfindungsgemäßen Lichtquelle vorteilhafterweise der alleinige Schichtenstapel eine solche geringe Gesamtdicke im Bereich von nur 3 µm bis 15 µm aufweisen (Anspruch 4).

[0015] Insbesondere ist die Erfindung vorteilhafterweise zur Realisierung von IREDS und LEDs hoher optischer Leistung geeignet und entsprechend ist in diesem Fall der Schichtenstapel der erfindungsgemäßen Lichtquelle der Schichtenstapel einer IRED (Anspruch 5) oder einer LED (Anspruch 6), wobei es in diesem Fall überdies vorteilhaft ist, eine Reflektoreinrichtung nach Anspruch 2 zu verwenden.

[0016] Die Erfindung ist aber nicht auf solche Diodenlichtquellen beschränkt, sondern auch auf andere Halbleiterlichtquellen, beispielsweise Halbleiterlaser anwendbar, wobei unter Umständen das Problem eines Austritts von im Schichtenstapel erzeugten Photonen durch die dem Trägerkörper zugekehrte Oberfläche unbedeutend sein kann, so daß auf Maßnahmen zur Verhinderung eines solchen Austritts von vorneherein verzichtet werden kann.

[0017] Das gesonderte Verbindungsmittel zum aneinander Befestigen von Schichtenstapel und gesondertem Trägerkörper besteht vorzugsweise aus einem eine feste Verbindung zwischen dem Schichtenstapel und diesem Trägerkörper herstellenden Haftmittel (Anspruch 7), vorzugsweise ein Klebstoff (Anspruch 8) und/oder ein Lot (Anspruch 9).

[0018] Lot und/oder elektrisch leitender Klebstoff werden vorzugsweise dort verwendet, wo eine elektrisch leitende Verbindung nicht stört oder gar notwendig ist, elektrisch isolierender Klebstoff dort, wo eine elektrisch leitende Verbindung zu vermeiden ist.

[0019] Auch andere Verbindungsmittel, beispielsweise eine Klemmverbindung, können verwendet werden.

[0020] Eine erfindungsgemäße Diodenlichtquelle, insbesondere eine Quelle hoher optischer Leistung, kann vorteilhafterweise derart baulich einfach ausgebildet sein, daß der Schichtenstapel

- Schichten aus Halbleitermaterial voneinander verschiedenen Leitfähigkeitstyps aufweist, zwischen denen ein optisch aktiver Übergang von einem zu einem anderen Leitfähigkeitstyp zur Erzeugung der Photonen ausgebildet ist, und
- Halbleitermaterial eines Leitfähigkeitstyps des Schichtenstapels und Halbleitermaterial des ande-

ren Leitfähigkeitstyps elektrisch voneinander getrennt am Trägerkörper kontaktiert sind (Anspruch 10).

[0021] In diesem Fall ist es zweckmäßig wenn der Trägerkörper

- einen elektrischen Kontakt, an den Halbleitermaterial eines Leitfähigkeitstyps des Schichtenstapels angeschlossen ist, und
- einen von dem einen Kontakt getrennten anderen elektrischen Kontakt aufweist, an den Halbleitermaterial des anderen Leitfähigkeitstyps des Schichtenstapels angeschlossen ist (Anspruch 11).

[0022] Ein elektrischer Anschluß von Halbleitermaterial des Schichtenstapels der erfindungsgemäßen Lichtquelle an einen Kontakt des Trägerkörpers ist vorzugsweise durch einen dieses Halbleitermaterial unmittelbar kontaktierenden Halbleiterkontakt an diesen Kontakt des Trägerkörpers angeschlossen (Anspruch 12).

[0023] Der Halbleiterkontakt ist vorzugsweise ein ohmscher Kontakt, kann unter Umständen aber auch ein Schottky-Kontakt sein.

[0024] Zum Verbinden eines Kontaktes des Trägerkörpers mit einem Halbleiterkontakt wird vorzugsweise Lot und/oder leitender Klebstoff verwendet.

[0025] Bei Diodenlichtquellen sind die Schichten aus Halbleitermaterial voneinander verschiedenen Leitfähigkeitstyps, zwischen denen der optisch aktive Übergang vom einen zum anderen verschiedenen anderen Leitfähigkeitstyp ausgebildet ist, üblicherweise parallel zu einer Ebene der Schichten übereinander angeordnet, so daß sie sich senkrecht zu dieser Ebene auf verschiedenen Seiten des Übergangs befinden. Entsprechend muß bei einer solchen Diodenlichtquelle Halbleitermaterial eines Leitfähigkeitstyps auf einer Seite und Halbleitermaterial des von diesem einen Leitfähigkeitstyp verschiedenen anderen Leitfähigkeitstyps auf der anderen Seite des Übergangs kontaktiert und an die elektrisch voneinander getrennten Kontakte des Trägerkörpers angeschlossen werden.

[0026] Halbleitermaterial eines Leitfähigkeitstyps und Halbleitermaterial des davon verschiedenen anderen Leitfähigkeitstyps des Schichtenstapels der erfindungsgemäßen Lichtquelle können in einem solchen Fall jedoch vorteilhafterweise auf der gleichen Seite des Übergangs, aber elektrisch voneinander getrennt an die elektrisch voneinander getrennten Kontakte des Trägerkörpers angeschlossen sein, wenn

- der Schichtenstapel in einer zu einer Ebene der Schichten im wesentlichen parallelen Oberfläche eine Vertiefung aufweist, die sich von dieser Oberfläche aus in Richtung senkrecht zur Ebene der Schichten durch einen Übergang von Halbleitermaterial eines Leitfähigkeitstyps zu Halbleitermaterial

eines vom einen Leitfähigkeitstyp verschiedenen anderen Leitfähigkeitstyps des Schichtenstapels hindurch erstreckt, und wenn

das Halbleitermaterial des einen Leitfähigkeitstyps an einen Kontakt des Trägerkörpers und das Halbleitermaterial des anderen Leitfähigkeitstyps in der Vertiefung an einen elektrisch von diesem einen Kontakt des Trägerkörpers getrennten anderen Kontakt des Trägerkörpers angeschlossen ist (Anspruch 13).

[0027] Der Schichtenstapel ist dabei vorzugsweise derart flach auf dem Trägerkörper angeordnet, daß die Oberfläche des Schichtenstapels, in der die Vertiefung ausgebildet ist, dem Trägerkörper zugekehrt ist (Anspruch 14).

[0028] Der Anschluß der Halbleitermaterialien voneinander verschiedenen Leitfähigkeitstyps des Schichtenstapels an die voneinander getrennten Kontakte des Trägerkörpers kann in diesem Fall vorteilhafterweise auf besonders kurzem Weg hergestellt werden, wenn die elektrisch voneinander getrennten Kontakte des Trägerkörpers auf einer dem Schichtenstapel zugekehrten Oberfläche des Trägerkörpers angeordnet sind, vorzugsweise wie folgt:

[0029] Auf der dem Trägerkörper zugekehrten Oberfläche des Schichtenstapels sind ein Halbleiterkontakt, der zwischen dieser Oberfläche und dem optisch aktiven Übergang befindliches Halbleitermaterial des Stapels unmittelbar kontaktiert, und ein anderer Kontakt angeordnet, der elektrisch von diesem Halbleiterkontakt und dem Halbleitermaterial zwischen der Oberfläche und dem optisch aktiven Übergang des Stapels getrennt ist.

[0030] Der Halbleiterkontakt ist an einen Kontakt des Trägerkörpers und der andere Kontakt des Schichtenstapels an einen elektrisch von diesem einen Kontakt des Trägerkörpers getrennten anderen Kontakt des Trägerkörpers angeschlossen, beispielsweise durch unmittelbares Berühren.

[0031] In der Vertiefung ist ein Halbleiterkontakt angeordnet, der Halbleitermaterial des Schichtenstapels, das sich auf der vom Trägerkörper abgekehrten Seite des optisch aktiven Übergangs des Stapels befindet, unmittelbar kontaktiert. Dieser Halbleiterkontakt in der Vertiefung ist elektrisch vom Halbleitermaterial des einen Leitfähigkeitstyps auf der dem Trägerkörper zugekehrten Seite des optisch aktiven Übergangs, von dem dieses Material kontaktierenden Halbleiterkontakt und von dem mit diesem Anschlußkontakt verbundenen Kontakt des Trägerkörpers getrennt, dagegen elektrisch mit dem anderen Kontakt des Schichtenstapels verbunden.

[0032] Der mit dem Halbleiterkontakt in der Vertiefung verbundene andere Kontakt des Schichtenstapels und eine elektrische Verbindung dieser beiden Kontakte können vorteilhafterweise aus dem gleichen Material wie dieser Halbleiterkontakt bestehen, wobei die Ver-

bindung auf einer Seitenwand der Vertiefung aufgebracht sein kann.

[0033] Vorzugsweise ist es so eingerichtet, daß der Schichtenstapel zwei voneinander abgekehrte und in einem Winkel zur Ebene der Schichten stehende Endflächen aufweist, welche die Oberfläche des Schichtenstapels, in der die Vertiefung ausgebildet ist, auf zueinander entgegengesetzten Seiten begrenzen, und daß sich die Vertiefung in dieser Oberfläche von einer Endfläche bis zur anderen erstreckt (Anspruch 15).

[0034] Auf der vom Trägerkörper abgekehrten Seite des optisch aktiven Übergangs befindliches Halbleitermaterial des Schichtenstapels weist vorzugsweise eine hohe elektrische Leitfähigkeit senkrecht zur Ebene der Schichten des Schichtenstapels auf (Anspruch 16).

[0035] Die von der erfindungsgemäßen Lichtquelle abgegebene optische Leistung wird im Schichtenstapel erzeugt und tritt durch die Oberfläche des Schichtenstapels aus. Zu dieser optischen Leistung sollten möglichst alle im Schichtenstapel erzeugten Photonen beitragen. Dazu ist zum einen notwendig, daß möglichst wenig dieser Photonen im Stapel absorbiert werden, d.h. der Stapel sollte für diese Photonen möglichst transparent sein, zum anderen sollten möglichst viele dieser Photonen, am besten alle, durch die Oberfläche des Schichtenstapels austreten.

[0036] Größtmögliche Transparenz des Schichtenstapels wird erreicht, wenn die Schichten des Schichtenstapels, allenfalls ausgenommen in einem Bereich eines optisch aktiven Übergangs, für im Schichtenstapel erzeugte Photonen transparent sind (Anspruch 17).

[0037] Zur Begünstigung des Austritts der im Schichtenstapel erzeugten Photonen aus dem Schichtenstapel ist zweckmäßigerweise eine Einrichtung zur Erleichterung eines Austritts von im Schichtenstapel erzeugten Photonen aus dem Schichtenstapel vorgesehen (Anspruch 18).

[0038] Als Einrichtung zur Erleichterung des Austritts von Photonen ist jedes Mittel geeignet, das den Austritt der Photonen durch die Oberfläche des Schichtenstapels fördert. Beispielsweise kann ein solches Mittel eine auf die Oberfläche aufgebrachte Antireflexschicht sein, die den Brechzahlssprung an der optisch brechenden Oberfläche von höherer Brechzahl im Inneren des Stapels zu niedrigerer Brechzahl außerhalb des Stapels herabsetzt und so den Austritt der Photonen erleichtert.

[0039] Allerdings ist das Aufbringen einer zusätzlichen Reflexschicht oft unerwünscht, beispielsweise weil die Herstellung der Lichtquelle nicht unerheblich aufwendig und verteuert wird.

[0040] Ein Weg zu einer einfachen Realisierung einer Einrichtung zur Erleichterung des Austritts von Photonen besteht in der Vermeidung von planparallelen reflektierenden Oberflächenabschnitten des Schichtenstapels, d.h. voneinander abgekehrte Oberflächenabschnitte sollen nicht eben und/oder parallel zueinander sein. Derartige Oberflächenabschnitte können allein durch geometrische Gestaltung des Schichtensta-

pels und damit ohne großen Aufwand realisiert werden.

[0041] Planparallele reflektierenden Oberflächenabschnitten können vermieden werden, wenn die Einrichtung zur Erleichterung des Austritts von Photonen so ausgebildet ist, daß sie

- schräg in einem Winkel zueinander angeordnete Oberflächenabschnitte aufweist (Anspruch 19) und/oder
- ein auf der Oberfläche des Schichtenstapels ausgebildetes Relief aufweist (Anspruch 20), das vorzugsweise fein strukturiert ist.

[0042] Schräg in einem Winkel zueinander angeordnete Oberflächenabschnitte können beispielsweise zwei voneinander abgekehrte und in einem Winkel zur Ebene der Schichten stehende Endflächen, die in dieser Ebene schräg in einem Winkel zueinander verlaufen und/oder von denen zumindest eine Endfläche schräg in einem Winkel zur Ebene angeordnet ist.

[0043] Ein auf der Oberfläche des Schichtenstapels ausgebildetes fein strukturiertes Relief kann durch Aufrauen der Oberfläche oder durch eine unebene Mikrostrukturierung der Oberfläche erzeugt werden. Ein derartiges Relief ist vorzugsweise auf der vom Trägerkörper abgekehrten Oberfläche des Schichtenstapels ausgebildet, kann aber auch auf dessen dem Trägerkörper zugekehrten Oberfläche und auf allen anderen Oberflächenabschnitten vorgesehen sein.

[0044] Schräg in einem Winkel zur Ebene der Schichten angeordnete Oberflächenabschnitte des Schichtenstapels, darunter eine, mehrere oder alle Endflächen des Stapels und/oder zumindest eine Wandfläche einer Vertiefung sind vorzugsweise in Winkeln kleiner als 30° bei unvergossenen und kleiner als 40° bei vergossenen erfindungsgemäßen Lichtquellen zur Ebene geneigt, wobei die Richtung der Neigung beliebig ist.

[0045] Generell können in einem Winkel zur Ebene der Schichten angeordnete Oberflächenbereiche des Schichtenstapels beliebig geformt sein. Auch die Form der Grundfläche oder des Umrisses des Schichtenstapels in senkrechter Projektion auf eine zur Ebene der Schichten parallele Ebene ist generell beliebig wählbar.

[0046] Vorteilhafterweise kann der erfindungsgemäße Schichtenstapel in herkömmlicher Weise III-V-Halbleitermaterial aufweisen (Anspruch 21), darunter alle gebräuchlichen III-V-Verbindungen von In, Ga, Al, As, P, N auf GaAs-, InP-, GaP- oder GaN-Basis.

[0047] Ein optisch aktiver Übergang kann ein pn- oder pin-Übergang sein. Vorteilhafterweise kann der erfindungsgemäße Schichtenstapel in herkömmlicher Weise so ausgebildet sein, daß der optisch aktive Übergang eine zwischen zwei Schichten aus Halbleitermaterial zueinander verschiedenen Leitfähigkeitstyps des Schichtenstapels angeordnete aktive Schicht aufweist, in der Photonen erzeugbar sind (Anspruch 22). Bis auf die aktive Schicht sind alle anderen Schichten aus Halbleitermaterial des Schichtenstapels möglichst

transparent.

[0048] Der Trägerkörper besteht vorteilhafterweise aus einem Material, das einen ähnlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten wie der Schichtenstapel aufweist (Anspruch 23), d.h. die thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Materialien des Trägerkörpers und des Schichtenstapels weichen bei den Temperaturen, die beim Betrieb der erfindungsgemäßen Halbleiterlichtquelle auftreten oder denen die Quelle ausgesetzt wird, allenfalls so gering voneinander ab, daß keine schädlichen temperaturbedingten Verformungen des Schichtenstapels auftreten, welche dessen optische Qualität beeinträchtigen und eine optische und/oder mechanische Langzeitstabilität der erfindungsgemäßen Lichtquelle beeinträchtigen können.

[0049] Der Trägerkörper besteht vorzugsweise aus einem gut wärmeleitenden Material (Anspruch 24), das eine gute Wärmeableitung vom Schichtenstapel fort gewährleistet.

[0050] Ein für den Trägerkörper gut geeignetes Material, dessen thermischer Ausdehnungskoeffizient gut an den des Schichtenstapels angepaßt ist und das eine gute Wärmeleitfähigkeit aufweist, ist Silizium.

[0051] Der elektrische Anschluß der erfindungsgemäßen Lichtquelle von außen erfolgt über die elektrisch voneinander getrennten Kontakte des Trägerkörpers, beispielsweise durch Bonddrähte und/oder Lot. Besteht der Trägerkörper aus elektrisch leitendem Material, können zwei vorteilhafte Varianten unterschieden werden:

a1) Elektrisch voneinander getrennte Kontakte des Trägerkörpers bestehen aus von der elektrisch leitenden Oberfläche des Trägerkörpers isolierten Kontakten, oder

a2) ein Kontakt ist zweckmäßigerweise ein von der elektrisch leitenden Oberfläche des Trägerkörpers isolierter Kontakt und ein elektrisch von diesem Kontakt getrennter anderer Kontakt ist von der Oberfläche des Trägerkörpers selbst gebildet (Anspruch 25).

[0052] In jedem dieser Fälle sind die Kontakte vorteilhafterweise auf einer dem Schichtenstapel zugekehrten Oberfläche des Trägerkörpers angeordnet, wobei sich ein besonders kurzer und einfacher Anschluß der Halbleitermaterialien verschiedenen Leitfähigkeitstyps des Schichtenstapels auf beiden Seiten dessen optisch aktiven Übergangs an diese Kontakte dann ergibt, wenn diese Materialien auf der dem Trägerkörper zugekehrten Oberfläche des Stapels kontaktiert sind, weil sich dann die Kontakte auf der Oberfläche des Trägerkörpers und diese Halbleitermaterialien kontaktierende Halbleiterkontakte auf der dieser Oberfläche zugekehrten Oberfläche des Schichtenstapels unmittelbar gegenüberliegen und berühren können.

[0053] Im Fall a2 kann es vorteilhaft sein, wenn der elektrische Anschluß der erfindungsgemäßen Lichtquelle von außen über die elektrisch voneinander getrennten Kontakte auf dem Trägerkörper so ausgeführt ist, daß zum einen der elektrisch isolierte Kontakt des Trägerkörpers und zum anderen sein von der Oberfläche des Trägerkörpers selbst gebildete Kontakt indirekt durch den elektrisch leitenden Trägerkörper hindurch von außen kontaktiert ist, vorzugsweise so, daß eine vom Schichtenstapel abgekehrte Oberfläche des Trägerkörpers kontaktiert ist (Anspruch 26).

[0054] Die erfindungsgemäße Lichtquelle wird vorzugs- und vorteilhafterweise so hergestellt, daß auf einem Wachstumssubstrat epitaktisch der für die Lichtquelle bestimmte Schichtenstapel gewachsen, der mit dem Wachstumssubstrat verbundene Schichtenstapel auf dem Trägerkörper, der die elektrisch voneinander getrennten Kontakte aufweist, angeordnet und mit dem Verbindungsmittel befestigt und elektrisch kontaktiert wird, und danach die derart auf dem Trägerkörper befestigte Schichtenfolge vom Wachstumssubstrat getrennt wird (Anspruch 27).

[0055] Dieses Verfahren wird in bezug auf das Trennen des Schichtenstapels vom Wachstumssubstrat bevorzugterweise so ausgeführt, daß auf dem Wachstumssubstrat epitaktisch eine Zwischenschicht aus einem Material gewachsen wird, das mit einem selektiv wirkenden Ätzmittel ätzbar ist, welches die Materialiden der Schichten des Schichtenstapels nicht oder weniger stark angreift, als das Material der Zwischenschicht, daß auf der Zwischenschicht epitaktisch die Schichten des Schichtenstapels gewachsen werden, und daß zum Trennen des Schichtenstapels vom Wachstumssubstrat die Zwischenschicht mit dem selektiv wirkenden Ätzmittel geätzt wird. (Anspruch 28). Dieses Verfahren kann beispielsweise mit einem Wachstumssubstrat aus GaAs, einem Schichtenstapel auf der Basis von InGaAlAs, einer Zwischenschicht aus AlAs und einem flußsäurehaltigen Ätzmittel aus durchgeführt werden.

[0056] Bei der Herstellung der erfindungsgemäßen Halbleiterlichtquellen wird vorteilhafterweise so vorgegangen, daß mehrere Schichtenstapel im Waferverbund als Inseln oder Meseten im Raster mehrerer Trägerkörper präpariert werden, wobei die Form der Grundfläche jedes Schichtenstapels beliebig wählbar ist, vorzugsweise mit spitzwinklig zueinander geordneten Seiten.

[0057] Die Erfindung wird in der nachfolgenden Beschreibung an Hand der Figuren beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Halbleiterlichtquelle,

Figur 2 eine Draufsicht auf das Ausführungsbeispiel nach Figur 1,

Figur 3 eine Modifikation des Ausführungsbeispiels nach den Figuren 1 und 2 in der Seitenansicht nach Figur 1 und

5 Figur 4 den Schichtenstapel und Trägerkörper des Ausführungsbeispiel nach den Figuren 1 und 2 in der Seitenansicht nach Figur 1, wobei der Schichtenstapel noch innig mit dem Wachstumssubstrat verbunden und noch nicht auf dem Trägerkörper befestigt ist.

[0058] Die Figuren sind schematisch und nicht maßstäblich.

15 [0059] In den Figuren ist der Schichtenstapel mit 1 und der Trägerkörper mit 2 bezeichnet. Die Schichten des Schichtenstapels 1 sind parallel zu einer definierten Ebene 100 der Schichten angeordnet. Der Schichtenstapel 1 weist zwei voneinander abgekehrte Oberflächen 14 und 14' auf, zwischen denen die Gesamtdicke d des Stapels 1 gemessen ist.

20 [0060] Erfindungswesentlich ist, daß der Schichtenstapel 1 in der Gesamtdicke d von höchstens 50 µm allein, d.h. ohne ein Wachstumssubstrat und/oder einen sonstigen innig mit dem Stapel 1 verbundenen Stützkörper an dem gesonderten, elektrisch voneinander getrennten Kontakte 21 und 22 aufweisenden Trägerkörper 2 angeordnet ist, und daß Schichtenstapel 1 und Trägerkörper 2 durch ein gesondertes Verbindungsmittel 3 aneinander befestigt sind.

[0061] Der Schichtenstapel 1 kann jeden Aufbau aus epitaktisch aufeinander gewachsenen Schichten aufweisen, den eine Halbleiterlichtquelle haben kann.

35 [0062] Bei den dargestellten Ausführungsbeispielen ist die Halbleiterlichtquelle insbesondere eine Diodenlichtquelle, bei welcher der Schichtenstapel 1 aus epitaktisch aufeinander gewachsenen Schichten aus Halbleitermaterial voneinander verschiedenen Leitfähigkeitstyps besteht, zwischen denen zumindest ein Photonen erzeugender optisch aktiver Übergang von einem zum anderen Leitfähigkeitstyp ausgebildet ist, wobei Halbleitermaterial eines Leitfähigkeitstyps und Halbleitermaterial des anderen Leitfähigkeitstyps des Schichtenstapels 1 voneinander getrennt elektrisch kontaktiert sind.

45 [0063] Eine typische Gesamtdicke d eines Schichtenstapels 1 herkömmlicher Diodenlichtquellen liegt im Bereich zwischen 3 µm und 15 µm. Auch bei einer erfindungsgemäßen Diodenlichtquelle weist der allein am gesonderten Trägerkörper 2 angeordnete Schichtenstapel 1 vorteilhafterweise eine Gesamtdicke d im Bereich von 3 µm bis 15 µm auf.

50 [0064] Wie bei herkömmlichen Diodenlichtquellen ist auch bei einer erfindungsgemäßen Diodenlichtquelle dem optisch aktiven Übergang üblicherweise wenigstens eine aktive Schicht des Schichtenstapels 1 zugeordnet, in der Photonen dieses Übergangs erzeugt werden.

[0065] Bei den in den Figuren dargestellten Diodenlichtquellen ist eine einfachste Form eines Schichtenstapels 1 angenommen. Dieser besteht aus einer Schicht 11 aus Halbleitermaterial eines Leitfähigkeitstyps, einer Schicht 13 aus Halbleitermaterial des anderen Leitfähigkeitstyps und einer aktiven Schicht 12 zur Erzeugung von Photonen, die zwischen der Schicht 11 und Schicht 13 angeordnet ist.

[0066] Als Ebene 100 der parallel zueinander angeordneten Schichten 11, 12 und 13 ist eine zentrale Schichtebene der aktiven Schicht 12 genommen.

[0067] Der Schichtenstapel 1 ist in den Figuren 1, 3 und 4 so dargestellt, daß die Ebene 100 der Schichten horizontal und senkrecht zur Zeichenebene und in der Figur 2 parallel zur Zeichenebene angeordnet ist.

[0068] Der Photonen erzeugende optisch aktive Übergang ist mit 10 bezeichnet, befindet sich zwischen der Schicht 11 und der Schicht 13 und erstreckt sich parallel zur Ebene 100 der Schichten. Zum Übergang 10 ist die aktive Schicht 12 zu zählen.

[0069] Die Zahl der epitaktisch gewachsenen Schichten des Schichtenstapels 1 ist nicht auf drei beschränkt und kann größer sein. Beispielsweise können die Schichten 11, 12 und 13 jeweils laminiert sein.

[0070] Das Halbleitermaterial der Schichten 11 und 13 des Schichtenstapels 1 so gewählt, daß es für in der zwischen diesen Schichten 11 und 12 angeordneten aktiven Schicht 12 erzeugte Photonen transparent ist.

[0071] Bei den dargestellten Beispielen sind Trägerkörper 2 und Schichtenstapel 1 relativ zueinander so angeordnet, daß eine dem Stapel 1 zugekehrte Oberfläche 24 des Trägerkörpers 2 und die Ebene 100 der Schichten des Stapels 1 im wesentlichen parallel zueinander sind. Von den beiden voneinander abgekehrten Oberflächen 14 und 14' des Trägerkörpers 2 liegt die Oberfläche 14 der Oberfläche 24 des Trägerkörpers 2 gegenüber.

[0072] Die elektrisch voneinander getrennten Kontakte 21 und 22 des Trägerkörpers 2 sind beim Beispiel nach den Figuren 1, 2 und 4 Metallschichten, die zwischen den einander gegenüberliegenden und im wesentlichen zueinander parallelen Oberflächen 14 und 24 des Schichtenstapels 1 und Trägerkörpers 2 angeordnet und auf der Oberfläche 24 des Trägerkörpers 2 befestigt sind.

[0073] Besteht der Trägerkörper 2 aus elektrisch leitendem Material, beispielsweise Metall, müssen die Kontakte 21 und 22 von der Oberfläche 24 isoliert sein. In jedem Fall müssen sie fest mit der Oberfläche 24 verbunden sein, beispielsweise mittels Klebstoffs oder durch Aufdampfen.

[0074] Der Schichtenstapel 1 ist beispielsweise so angeordnet, daß sich die Schicht 11 zwischen dem Trägerkörper 2 und dem optisch aktiven Übergang 10 befindet, wobei die der Oberfläche 24 des Trägerkörpers 2 gegenüberliegende Oberfläche 14 des Schichtenstapels 1 aus dem Halbleitermaterial dieser Schicht 11 besteht.

[0075] Auf dieser Oberfläche 14 des Schichtenstapels 1 sind ein Halbleiterkontakt 15, der das Halbleitermaterial der Schicht 11 des Stapels 1 unmittelbar kontaktiert, und ein anderer Kontakt 160, der elektrisch vom Halbleiterkontakt 15 und dem Halbleitermaterial der Schicht 11 getrennt ist, angeordnet. Der Halbleiterkontakt 15 ist vorzugsweise ein ohmscher Kontakt, könnte aber je nach Aufbau des Schichtenstapels 1 auch beispielsweise ein Schottky-Kontakt sein.

[0076] Der Halbleiterkontakt 15 liegt unmittelbar auf dem Kontakt 21 und der andere Kontakt 160 unmittelbar auf dem Kontakt 22 des Trägerkörpers 2 auf. Es könnte auch umgekehrt sein.

[0077] In der Oberfläche 14 des Stapels 1 ist eine Vertiefung 17 ausgebildet, die sich von dieser Oberfläche 14 in Richtung r senkrecht zur Ebene 100 der Schichten in die Tiefe des Schichtenstapels 1 bis in die Schicht 13 erstreckt, d.h. in das Halbleitermaterial des vom einen Leitfähigkeitstyp des Halbleitermaterials der Schicht 11 verschiedenen anderen Leitfähigkeitstyps, das sich im Unterschied zu dem sich zwischen der Oberfläche 14 und dem Übergang 10 des Stapels 1 befindenden Halbleitermaterial der Schicht 11 auf der von dieser Oberfläche 14 abgekehrten Seite des optisch aktiven Übergangs 10 befindet.

[0078] In der Vertiefung 17 ist ein Halbleiterkontakt 16 angeordnet, der das Halbleitermaterial des anderen Leitfähigkeitstyps der Schicht 13 unmittelbar kontaktiert, beispielsweise auf einer Bodenfläche 170 der Vertiefung 17, und der vorzugsweise ein ohmscher Kontakt ist. Dieser Halbleiterkontakt 16 ist elektrisch mit dem anderen Kontakt 160 verbunden, beispielsweise durch eine elektrische Verbindungsleitung 161.

[0079] Der Halbleiterkontakt 16, die elektrische Verbindungsleitung 161 und der andere Kontakt 160 müssen elektrisch vom Halbleitermaterial der Schicht 11, dem dieses Material kontaktierenden Halbleiter-Anschlußkontakt 15 und dem Kontakt 21 des Trägerkörpers 2 getrennt sein.

[0080] Der andere Kontakt 160 und die elektrische Verbindungsleitung 161 können vorteilhafterweise aus dem gleichen Material wie der Halbleiterkontakt 16 bestehen. Die elektrische Verbindungsleitung 161 kann auf einer der seitlichen Wandflächen 171 der Vertiefung 17 aufgebracht sein.

[0081] Die elektrische Trennung des anderen Kontakts 160 und der Verbindungsleitung 161 vom Halbleitermaterial der Schicht 11 des Stapels 1 kann durch eine elektrisch isolierende Klebstoffschicht 162 zwischen der Schicht 11 und dem anderen Kontakts 160 sowie der Verbindungsleitung 161 realisiert sein, die auch die feste Verbindung des anderen Kontakts 160 mit dem Schichtenstapel herstellt.

[0082] Bei den dargestellten Beispielen besteht die Schicht 11 aus p-dotiertem Halbleitermaterial, d.h. Material vom Leitfähigkeitstyp p, und die Schicht 13 aus n-dotiertem Halbleitermaterial, d.h. Material vom Leitfähigkeitstyp n. Es könnte auch umgekehrt sein, d.h. die

Schicht 11 aus n-dotiertem und die Schicht 13 aus p-dotiertem Halbleitermaterial bestehen.

[0083] In jedem Fall sollte das Halbleitermaterial der Schicht 13 auf der vom Trägerkörper 2 abgekehrten Seite des Übergangs 10 des Schichtenstapels 1 eine höhere elektrische Leitfähigkeit senkrecht zur Ebene 100 der Schichten aufweist als das Halbleitermaterial der Schicht 11 zwischen dem Übergang 10 und dem Trägerkörper 2.

[0084] Das gesonderte Verbindungsmittel 3 zur Befestigung des dünnen Schichtenstapels 1 an dem Trägerkörper 2 besteht beispielsweise im wesentlichen aus einem elektrisch leitenden Klebstoff und/oder einem Lot, das den mit der Schicht 11 verbundenen Halbleiterkontakt 15 des Schichtenstapels 1 fest mit dem zugeordneten Kontakt 21 des Trägerkörpers 2 und den ebenfalls fest mit der Schicht 11 verbundenen anderen Kontakt 160 des Stapels 1 fest mit dem zugeordneten Kontakt 22 des Trägerkörpers 2 verbindet. Voraussetzung bei dieser bevorzugten Art der Herstellung einer festen Verbindung zwischen Schichtenstapel 1 und Trägerkörper 2 über Kontakte ist, die gegebene feste Verbindung des Halbleiterkontakts 15 und anderen Kontakt 160 mit dem Schichtenstapel 1 und der Kontakte 21 und 22 mit dem Trägerkörper 2.

[0085] Die Befestigung des Schichtenstapels 1 mit dem Trägerkörper 2 muß nicht über Kontakte hergestellt werden. Beispielsweise könnten die einander gegenüberliegenden Oberflächen 14 und 24 des Stapels 1 und Trägerkörpers 2 an kontaktfreien Stellen direkt durch ein Verbindungsmittel 3, beispielsweise einen geeigneten Klebstoff fest miteinander verbunden sein.

[0086] Der Schichtenstapel 1 weist zwei voneinander abgekehrte und senkrecht oder schräg in einem Winkel zur Ebene 100 der Schichten stehende Endflächen 19 auf, welche die Oberfläche 14 des Schichtenstapels 1, in der die Vertiefung 17 ausgebildet ist, auf zueinander entgegengesetzten Seiten begrenzen, und die Vertiefung 17 erstreckt sich in dieser Oberfläche 14 von einer dieser beiden Endflächen 19 quer über den ganzen Schichtenstapel 1 bis zur anderen Endfläche 19.

[0087] Beispielsweise bildet die Vertiefung 17 einen länglichen Graben, der sich parallel zur Ebene 100 der Schichten in einer Längsrichtung r_1 zwischen den Endflächen 19 erstreckt, die in den Figuren 1, 3 und 4 senkrecht zur Zeichenebene ist. Diese Figuren zeigen eine zur Oberfläche 24 senkrechte und zur Zeichenebene parallele Seitenfläche 26 des Trägerkörpers 2 und die Endfläche 19 des Schichtenstapels 1, die in der Figur 2 jeweils unten angeordnet sind.

[0088] Beim Ausführungsbeispiel nach den Figuren 1, 2 und 4 ist die Vertiefung 17 vorzugsweise über einer Lücke 17' zwischen den voneinander getrennten Kontakten 21 und 22 des Trägerkörpers 2 angeordnet, so daß sich diese Kontakte 21 und 22 und entsprechend die Kontakte 15 und 160 des Schichtenstapels 1 auf einander gegenüberliegenden Seiten der Vertiefung 17 befinden. Im Fall der Vertiefung 17 in Form des sich in

der Richtung r_1 erstreckenden Grabens erstreckt sich diese Lücke 17 ebenfalls in dieser Richtung r_1 .

[0089] Eine an der dem Trägerkörper 2 zugekehrten Oberfläche 14 des Schichtenstapels 1 ausgebildete Reflektoreinrichtung 4 zum Reflektieren von im Schichtenstapel 4 erzeugten und auf diese Fläche 4 treffenden Photonen zurück in den Schichtenstapel 4 besteht beispielsweise aus dem Halbleiterkontakt 15, der auf der dem Trägerkörper 2 zugekehrten Oberfläche 14 des Schichtenstapels 1 ausgebildet ist und der reflektierend wirkt, d.h. seine dem Schichtenstapel 1 zugekehrte Flachseite 150 ist eine spiegelnde Fläche. Dieser Kontakt 15 sollte die dem Trägerkörper 2 zugekehrte Oberfläche 14 des Schichtenstapels 1 möglichst großflächig abdecken, damit möglichst viel Photonen reflektiert und möglichst wenig verlorengehen.

[0090] Eine Einrichtung 6 zur Erleichterung eines Austritts von im Schichtenstapel 1 erzeugten Photonen aus dem Schichtenstapel 1 weist schräg in einem Winkel relativ zueinander angeordnete Oberflächenabschnitte auf, die beispielsweise aus schräg in einem Winkel α zur Ebene der Schichten 100 angeordneten Endflächen 18, 18 des Schichtenstapels 1, senkrecht zur Ebene 100 der Schichten angeordneten seitlichen Wandflächen 171, 171 der Vertiefung 17 und in der Ebene 100 der Schichten schräg in einem Winkel β zueinander verlaufenden und schräg oder senkrecht zur Ebene 100 der Schichten angeordneten Endflächen 19, 19 des Schichtenstapels 1 bestehen und jeweils paarweise einander zugeordnet je zwei schräg in einem Winkel relativ zueinander angeordnete Oberflächenabschnitte bilden.

[0091] Dies ist jedoch nur ein spezielles Beispiel, die Endflächen 18, 18, 19, 19 und Wandflächen 171, 171 können in jeder anderen Art und Weise schräg in einem Winkel relativ zueinander angeordnet sein. Jedenfalls sollten jeweils zwei voneinander abgekehrte Oberflächenabschnitte - Endflächen und/oder Wandflächen - schräg in einem Winkel zueinander stehen. Letzteres ist gewährleistet, wenn von zwei voneinander abgekehrten Oberflächenabschnitten wenigstens einer schräg in einem Winkel und der andere in einem zu diesem Winkel verschiedenen Winkel schräg oder senkrecht zur Ebene 100 der Schichten angeordnet ist und/oder diese beiden Oberflächenabschnitte in der Ebene 100 der Schichten schräg in einem Winkel zueinander verlaufen.

[0092] Außerdem weist die Einrichtung 6 zur Erleichterung des Austritts von Photonen ein auf der Oberfläche des Schichtenstapels 1. ausgebildetes fein strukturiertes Relief 61 auf.

[0093] Unter Oberfläche des Schichtenstapels 1 ist dessen gesamte Oberfläche zu verstehen, die aus der dem Trägerkörper 2 zugekehrten Oberfläche 14, der vom Trägerkörper 2 abgekehrten Oberfläche 14' und allen sonstigen Oberflächenabschnitten 18, 19, 170, 171 besteht. Das Relief 61 kann auf jedem dieser Oberflächenabschnitte 18, 19, 170, 171 ausgebildet sein,

sollte aber wie in der Figur 2 bruchstückhaft angedeutet zumindest auf der vom Trägerkörper 2 abgekehrten Oberfläche 14' vorgesehen sein.

[0094] Der Winkel α , in welchem eine Endfläche 18, 19 schräg zur Ebene 100 der Schichten angeordnet ist, beträgt vorzugsweise weniger als 30° bei unvergossenen und weniger als 40° bei vergossenen erfindungsgemäßen Lichtquellen, wobei die Richtung der Neigung beliebig ist. Auch eine Wandfläche 171 der Vertiefung 17 kann in schräg in einem solchen Winkel α zur Ebene 100 der Schichten geneigt angeordnet sein.

[0095] Wenn der Schichtenstapel 1 aus III-V-Halbleitermaterial und der Trägerkörper 2 aus Silizium besteht, haben beide einen hinreichend ähnlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten und der Trägerkörper 2 ist ausreichend gut wärmeleitend.

[0096] Der Trägerkörper 2 kann aus elektrisch isolierendem Material, beispielsweise undotiertem oder semiisolierendem Halbleitermaterial wie Silizium, oder aus elektrisch leitendem Material, beispielsweise leitendes Halbleitermaterial wie Silizium oder Metall, bestehen.

[0097] Im Fall des Ausführungsbeispiels nach den Figuren 1, 2 und 4 müssen bei leitendem Trägerkörper 2 sämtliche elektrisch voneinander getrennten Kontakte 21 und 22 des Trägerkörpers 2 von diesem elektrisch isoliert sein.

[0098] In der Figur 3 ist ein modifiziertes Ausführungsbeispiel mit einem Trägerkörper 2 aus elektrisch leitendem Material dargestellt, das sich vom Beispiel nach den Figuren 1, 2 und 4 dadurch unterscheidet, daß einer der Kontakte 21 und 22 des Trägerkörpers 2, beispielsweise der Kontakt 22, vom Trägerkörper 2 elektrisch isoliert und der elektrisch von diesem Kontakt 22 getrennte andere Kontakt 21 durch das Material des Trägerkörpers 2 selbst gebildet ist. In der Figur 3 sind Teile, die mit Teilen des Ausführungsbeispiels nach den Figuren 1 und 2 übereinstimmen, mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

[0099] Beim Beispiel nach Figur 3 ist der Kontakt 22 des Trägerkörpers 2 durch eine elektrisch isolierende Schicht 23, beispielsweise eine Klebstoffschicht, von der Oberfläche 24 des Trägerkörpers 2 isoliert und durch ein elektrisch leitendes Verbindungsmittel 3, beispielsweise Lot oder elektrisch leitender Klebstoff, mit dem anderen Kontakt 160 des Schichtenstapels 1 verbunden. Der Kontakt 21 des Trägerkörpers 2 ist durch dessen Oberfläche 24 selbst gebildet und durch ein elektrisch leitendes Verbindungsmittel 3, beispielsweise Lot oder elektrisch leitender Klebstoff, direkt mit dem Halbleiterkontakt 15 des Schichtenstapels 1 verbunden.

[0100] Anders als beim Beispiel nach den Figuren 1, 2 und 4, bei dem jeder der elektrisch voneinander getrennten Kontakte 21 und 22 des Trägerkörpers 2 auf dessen dem Schichtenstapel 1 zugekehrten Oberfläche 24 mit je einem äußeren Anschlußkontakt 210 bzw. 220, beispielsweise ein Bonddraht, versehen ist, ist beim Beispiel nach Figur 3 der der vom Trägerkörper 2

elektrisch isolierte Kontakt 22 auf der Oberfläche 24 mit einem äußeren Anschlußkontakt 220 und eine von dieser Oberfläche 24 und damit vom Schichtenstapel 1 abgekehrte Oberfläche 25 des Trägerkörpers 2 mit einem äußeren Anschlußkontakt 210 versehen, so daß in diesem Fall die Halbleiterlichtquelle von der Rückseite des Trägerkörpers 2 und durch diesen hindurch von außen kontaktiert ist.

[0101] Die Herstellung der erfindungsgemäßen Halbleiterlichtquelle erfolgt unter Bezugnahme auf die Figur 4 so, daß auf einem Wachstumssubstrat 5 epitaktisch der für die Lichtquelle bestimmte Schichtenstapel 1 gewachsen wird, der mit dem Wachstumssubstrat 5 verbundene Schichtenstapel 1 auf dem die elektrisch voneinander getrennten Kontakte 21, 22 aufweisenden Trägerkörper 2 angeordnet und mit dem Verbindungsmittel 3 befestigt wird und danach der derart auf dem Trägerkörper 2 befestigte Schichtenstapel 1 vom Wachstumssubstrat 5 getrennt wird.

[0102] Demnach ist die dem Trägerkörper 2 zugekehrte Oberfläche 14 des Schichtenstapels 1 die vom Wachstumssubstrat 5 abgekehrte freie Oberfläche des Schichtenstapels 1, die vor der Trennung des Schichtenstapels 1 vom Wachstumssubstrat 5 strukturiert und kontaktiert, z.B. mit der Vertiefung 17 und den Kontakten 15, 16 und 160 einschließlich der Verbindungsleitung 161 versehen wird.

[0103] In der Figur 4 ist ein Trägerkörper 2 nach den Figuren 1 und 2 angenommen, es könnte ebenso gut ein Trägerkörper 2 nach Figur 3 verwendet werden.

[0104] Zum Trennen des Schichtenstapels 1 vom Wachstumssubstrat 5 wird zweckmäßigerweise so vorgegangen, daß vor dem epitaktischen Wachsen der Schichten des Schichtenstapels 1 auf dem Wachstumssubstrat 5 epitaktisch eine Zwischenschicht 51 aus einem Material gewachsen wird, das mit einem selektiv wirkenden Ätzmittel ätzbar ist, welches das Material jeder epitaktisch zu wachsenden Schicht des Schichtenstapels 1, im Beispiel jeder der Schichten 11, 12 und 13, nicht oder weniger stark angreift, als das Material der Zwischenschicht 51, daß auf der Zwischenschicht 51 epitaktisch die Schichten des Schichtenstapels 1 gewachsen werden und daß zum Trennen des Schichtenstapels 1 vom Wachstumssubstrat 5 die Zwischenschicht 51 mit dem selektiv wirkenden Ätzmittel geätzt wird.

[0105] Beispielsweise werden ein Wachstumssubstrat 5 aus GaAs, ein Schichtenstapel 1 auf der Basis von InGaAlAs, eine Zwischenschicht 51 aus AlAs und ein flußsäurehaltiges Ätzmittel verwendet.

[0106] Bei der Herstellung der erfindungsgemäßen Halbleiterlichtquellen wird vorteilhafterweise so vorgegangen, daß mehrere Schichtenstapel 1 im Waferverbund als Inseln oder Meseten 50 im Raster mehrerer Trägerkörper 2 präpariert werden, wobei die Form der Grundfläche jedes Schichtenstapels 1 beliebig wählbar ist, vorzugsweise mit spitzwinklig zueinander angeordneten seitlichen Endflächen 19. In der Figur 4 ist eine

einzelne Insel 50 gezeigt, die sich von einer Grundfläche 52 eines bruchstückhaft dargestellten Wafers erhebt, der das Wachstumssubstrat 5 insgesamt bildet. Die Zwischenschicht 51 ist auf die erhabene Oberfläche 53 der Insel oder des Mesa 50 angeordnet.

[0107] Zur Bildung der Meseten oder Inseln 50 wird vorzugsweise so vorgegangen, daß auf die Oberfläche des Wafers die Zwischenschicht 51 und die Schichten des Schichtenstapels 1 ganzflächig epitaktisch aufgewachsen und danach aus der beschichteten Oberfläche die Inseln 50 herausgeätzt werden.

Patentansprüche

1. Halbleiterlichtquelle mit einem aus epitaktisch aufeinander gewachsenen Schichten (11, 12, 13) aus Halbleitermaterial bestehenden Schichtenstapel (1) zur Erzeugung und Abstrahlung von Photonen als optische Leistung der Lichtquelle, wobei der Schichtenstapel (1) von einem Wachstumssubstrat (5) frei und elektrisch kontaktiert ist **dadurch gekennzeichnet**, daß der Schichtenstapel (1)
 - eine Gesamtdicke (d) von höchstens 50 µm aufweist,
 - in dieser Gesamtdicke (d) allein an einem gesonderten Trägerkörper (2) angeordnet,
 - mittels eines gesonderten Verbindungsmittels (4) fest mit dem Trägerkörper (2) verbunden und
 - elektrisch am Trägerkörper (2) angeschlossen ist.
2. Lichtquelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß an einer dem Trägerkörper (2) zugekehrten Oberfläche (14) des Schichtenstapels (1) eine Reflektoreinrichtung (4) zum Reflektieren von im Schichtenstapel (1) erzeugten und auf diese Fläche (14) treffenden Photonen zurück in den Schichtenstapel (1) ausgebildet ist.
3. Lichtquelle nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Reflektoreinrichtung (4) einen auf der dem Trägerkörper (2) zugekehrten Oberfläche (14) des Schichtenstapels (1) angeordneten reflektierenden Kontakt (15) aufweist.
4. Lichtquelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Schichtenstapel (1) eine Gesamtdicke (d) im Bereich von 3 µm bis 15 µm aufweist.
5. Lichtquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** einen Schichtenstapel (1) einer Infrarotdiode.
6. Lichtquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** einen Schich-

tenstapel (1) einer Leuchtdiode.

7. Lichtquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das gesonderte Verbindungsmittel (3) aus einem eine feste Verbindung zwischen dem Schichtenstapel (1) und dem davon getrennten Trägerkörper (2) herstellenden Haftmittel besteht.
8. Lichtquelle nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Verbindungsmittel (3) aus einem Klebstoff besteht.
9. Lichtquelle nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Verbindungsmittel (3) aus einem Lot besteht.
10. Lichtquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß
 - der Schichtenstapel (1) Schichten (11, 12, 13) aus Halbleitermaterial voneinander verschiedenen Leitfähigkeitstyps (p, n) aufweist, zwischen denen ein optisch aktiver Übergang (10) von einem (p; n) zum anderen Leitfähigkeitstyp (n; p) zur Erzeugung der Photonen ausgebildet ist, und daß
 - Halbleitermaterial eines Leitfähigkeitstyps (p; n) des Schichtenstapels (1) und Halbleitermaterial des anderen Leitfähigkeitstyps (n; p) elektrisch voneinander getrennt am Trägerkörper (2) angeschlossen sind.
11. Lichtquelle nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Trägerkörper (2)
 - einen elektrischen Kontakt (21; 22), an den Halbleitermaterial eines Leitfähigkeitstyps (p; n) des Schichtenstapels (1) angeschlossen ist, und
 - einen vom einen Kontakt (21; 22) getrennten anderen elektrischen Kontakt (22; 21) aufweist, an den Halbleitermaterial des anderen Leitfähigkeitstyps (n; p) des Schichtenstapels (1) angeschlossen ist.
12. Lichtquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß Halbleitermaterial des Schichtenstapels (1) durch einen dieses Halbleitermaterial unmittelbar kontaktierenden Halbleiterkontakt (15, 16) elektrisch mit einem Kontakt (21, 22) des Trägerkörpers (2) verbunden ist.
13. Lichtquelle nach Anspruch 11 und 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß
 - der Schichtenstapel (1) eine zu einer Ebene

- (100) der Schichten (11, 12, 13) im wesentlichen parallele Oberfläche (14) aufweist, in der eine Vertiefung (17) ausgebildet ist, die sich von dieser Oberfläche (14) in Richtung (r) senkrecht zur Ebene (100) der Schichten (11, 12, 13) in die Tiefe des Schichtenstapels (1) bis zu Halbleitermaterial erstreckt, das sich auf der von dieser Oberfläche (14) abgekehrten Seite des optisch aktiven Übergangs (10) befindet und eines anderen Leitfähigkeitstyps (n; p) ist als ein Leitfähigkeitstyp (p; n) von Halbleitermaterial des Schichtenstapels (1), das sich zwischen dieser Oberfläche (14) und dem Übergang (10) befindet, und daß das Halbleitermaterial des einen Leitfähigkeitstyps (p; n) zwischen dieser Oberfläche (14) und dem Übergang (10) an einen Kontakt (21; 22) des Trägerkörpers (2) und das Halbleitermaterial des anderen Leitfähigkeitstyps (n; p) auf der von dieser Oberfläche (14) abgekehrten Seite des Übergangs (10) in der Vertiefung (17) an einen elektrisch von diesem einen Kontakt (21; 22) des Trägerkörpers (2) getrennten anderen Kontakt (22; 21) des Trägerkörpers (2) angeschlossen ist.
14. Lichtquelle nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Oberfläche (14) des Schichtenstapels (1), in der die Vertiefung (17) ausgebildet ist, dem Trägerkörper (2) zugekehrt ist.
15. Lichtquelle nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Schichtenstapel (1) voneinander abgekehrte und in einem Winkel zur Ebene (100) der Schichten (11, 12, 13) stehende Endflächen (19) aufweist, welche die Oberfläche (14) des Schichtenstapels (1), in der die Vertiefung (17) ausgebildet ist, auf zueinander entgegengesetzten Seiten begrenzen, und daß sich die Vertiefung (17) in dieser Oberfläche (14) von einer Endfläche (19) bis zur anderen (19) erstreckt.
16. Lichtquelle nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf der vom Trägerkörper (2) abgekehrten Seite des optisch aktiven Übergangs (10) befindliches Halbleitermaterial des Schichtenstapels (1) eine hohe elektrische Leitfähigkeit senkrecht zur Ebene (100) der Schichten (11, 12, 13) des Schichtenstapels (1) aufweist.
17. Lichtquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schichten (11, 12, 13) des Schichtenstapels (1), allenfalls ausgenommen in einem Bereich (12) des optisch aktiven Übergangs (10), für in diesem Übergang (10) erzeugte Photonen transparent sind.
18. Lichtquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Einrichtung (6) zur Erleichterung eines Austritts von im Schichtenstapel (1) erzeugten Photonen aus dem Schichtenstapel (1) vorgesehen ist.
19. Lichtquelle nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einrichtung (6) zur Erleichterung des Austritts von Photonen schräg in einem Winkel relativ zueinander angeordnete Oberflächenabschnitte (18, 170; 18, 171; 18, 18; 19, 19) aufweist.
20. Lichtquelle nach Anspruch 18 oder 19, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einrichtung (6) zur Erleichterung des Austritts von Photonen ein auf der Oberfläche (14, 14', 18, 19) des Schichtenstapels (1) ausgebildetes Relief (61) aufweist.
21. Lichtquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der optisch aktive Übergang (10) ein aktive Schicht (12) des Schichtenstapels (1) aufweist, in der Photonen erzeugbar sind.
22. Lichtquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Schichtenstapel (1) III-V-Halbleitermaterial aufweist.
23. Lichtquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Trägerkörper (2) aus einem Material besteht, das einen ähnlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten wie der Schichtenstapel (1) aufweist.
24. Lichtquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Trägerkörper (2) aus einem gut wärmeleitenden Material (1) besteht.
25. Lichtquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß
- der Trägerkörper (2) aus elektrisch leitendem Material besteht,
 - ein Kontakt (21; 22) des Trägerkörpers (2) vom Trägerkörper (2) elektrisch isoliert ist und
 - ein elektrisch von diesem Kontakt (21; 22) getrennter anderer Kontakt (22; 21) des Trägerkörpers (2) vom den Trägerkörper (2) selbst gebildet ist.
26. Lichtquelle nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet**, daß der vom Trägerkörper (2) elektrisch isolierte Kontakt (21; 22) und eine vom Schichtenstapel (1) abgekehrte Oberfläche (25) des Trägerkörpers (2) von außen kontaktiert ist.
27. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterlichtquelle

nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf einem Wachstumssubstrat (5) epitaktisch der für die Lichtquelle bestimmte Schichtenstapel (1) gewachsen wird, der mit dem Wachstumssubstrat (5) verbundene Schichtenstapel (1) auf dem Trägerkörper (2), der die elektrisch voneinander getrennten Kontakte (21, 22) aufweist, angeordnet und mit dem Verbindungsmittel (3) befestigt wird, und danach der derart auf dem Trägerkörper (2) befestigte Schichtenstapel (1) vom Wachstumssubstrat (5) getrennt wird.

28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Wachstumssubstrat (5) epitaktisch eine Zwischenschicht (51) aus einem Material gewachsen wird, das mit einem selektiv wirkenden Ätzmittel ätzbar ist, welches das Material jeder epitaktisch zu wachsenden Schicht (11, 12, 13) des Schichtenstapels (1) nicht oder weniger stark angreift, als das Material der Zwischenschicht (51), daß auf der Zwischenschicht (51) epitaktisch die Schichten (11, 12, 13) des Schichtenstapels (1) gewachsen werden, und daß zum Trennen des Schichtenstapels vom Wachstumssubstrat (5) die Zwischenschicht (51) mit dem selektiv wirkenden Ätzmittel geätzt wird.

30

35

40

45

50

55

FIG 1

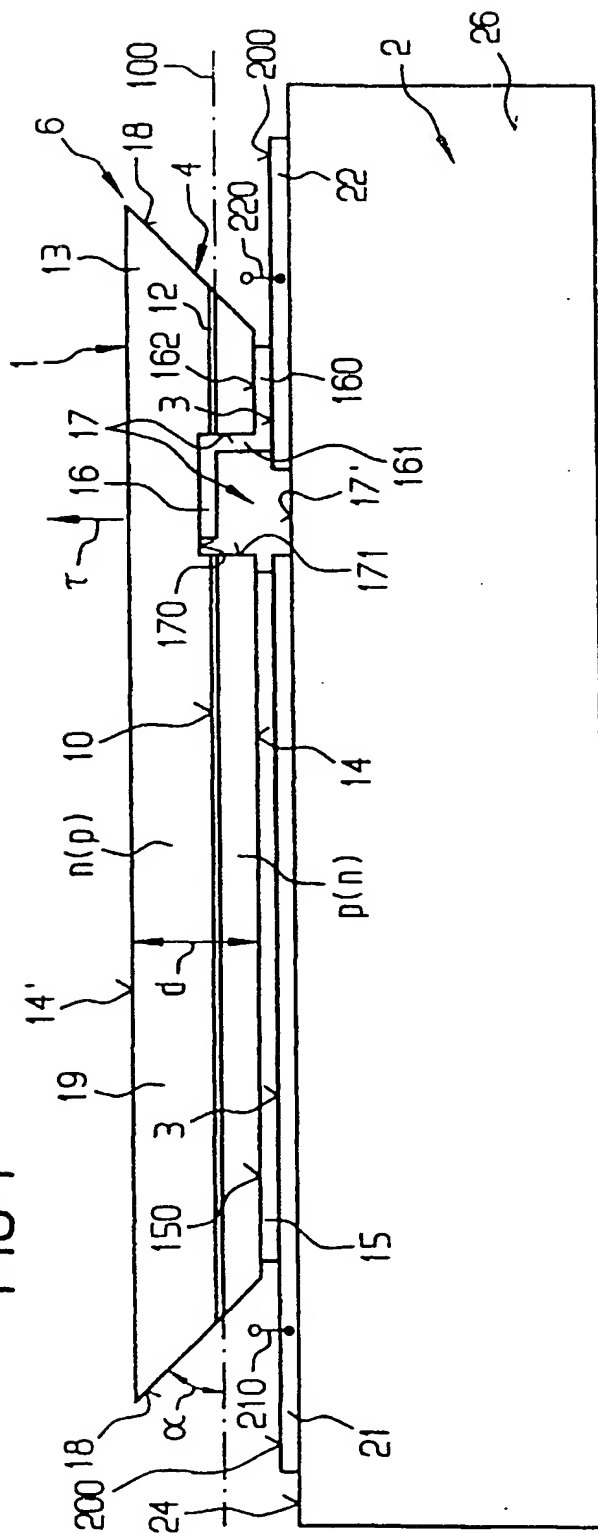
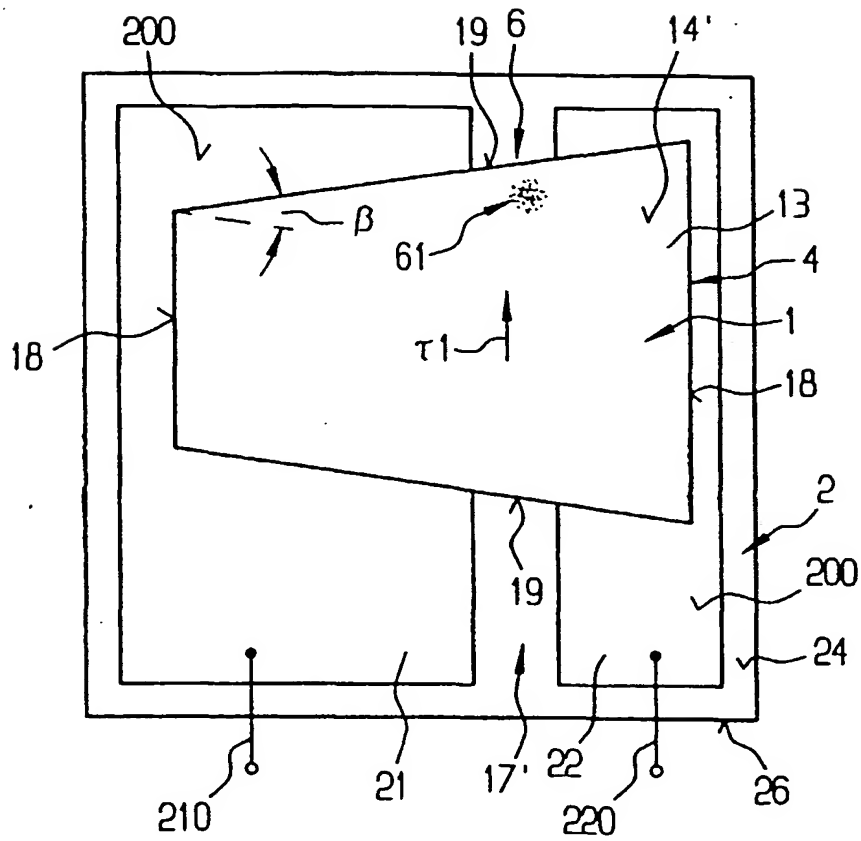


FIG 2



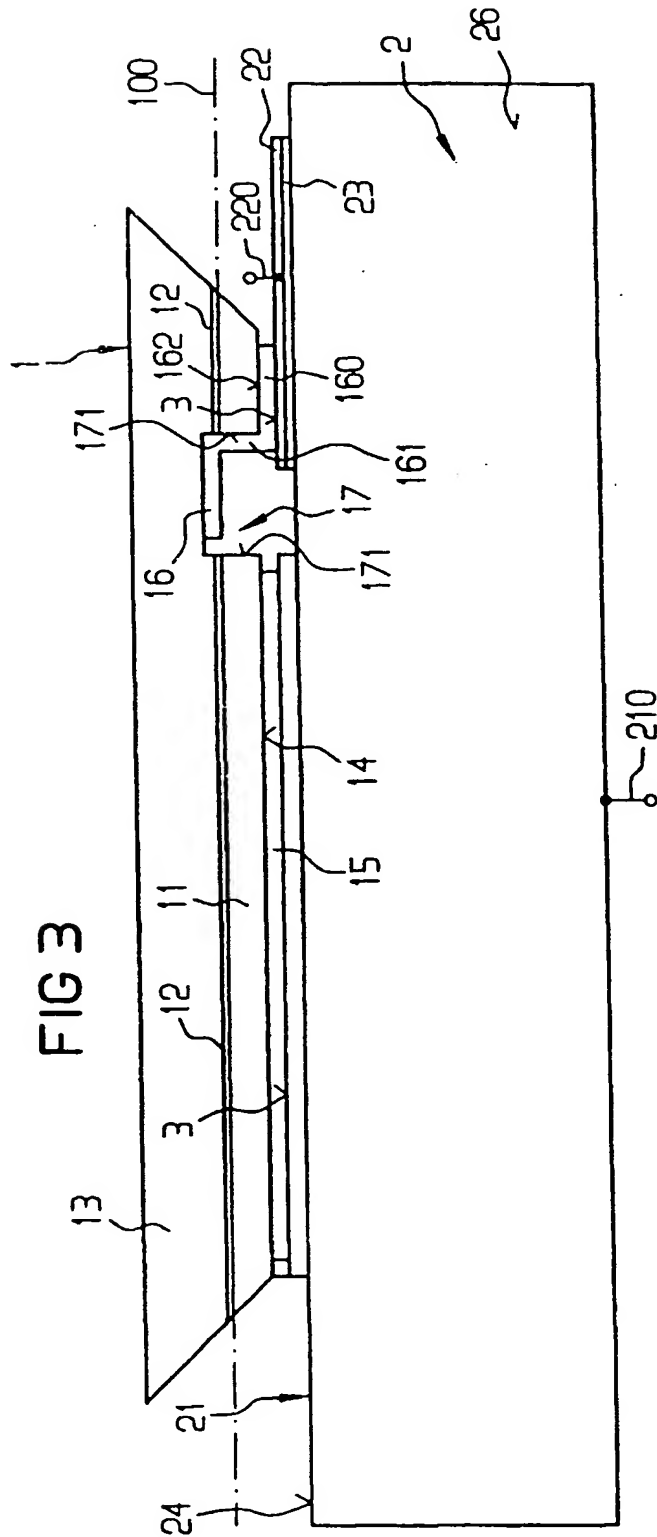


FIG 4

